Tecnologia de Rolamentos

Federação das Indústrias do Estado de Pernambuco

Presidente
Jorge Wicks Côrte Real

Departamento Regional do SENAI de Pernambuco
Diretor Regional
Antônio Carlos Maranhão de Aguiar

Diretor Técnico
Uaci Edvaldo Matias

Diretor Administrativo e Financeiro
Heinz Dieter Loges

Ficha Catalográfica

531 SENAI.DR.PE. **Tecnologia de Rolamentos.**
S474t Recife, SENAI.PE/DITEC/DET, 1999
1. TECNOLOGIA DE ROLAMENTOS
2. ROLAMENTOS
I. Título

Direitos autorais de propriedade exclusiva do SENAI. Proibida a reprodução parcial ou total, fora do Sistema, sem a expressa autorização do Departamento Regional de Pernambuco.

SENAI – Departamento Regional de Pernambuco
Rua Frei Cassimiro, 88 – Santo Amaro
50100-260 - Recife – PE
Tel.: (81) 3416-9300
Fax: (81) 3222-3837

SUMÁRIO

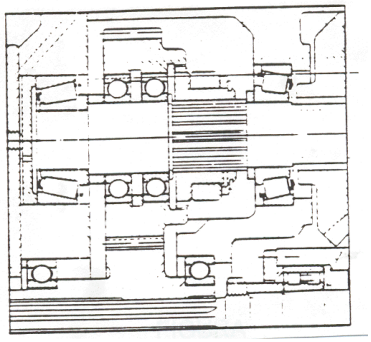
Introdução	05
Estocagem de Rolamentos de Reposição	06
O que verificar durante a Operação	07
Inspeção com a Máquina Parada	10
Desmontagem de Rolamentos	13
Danificações de Rolamentos	20
Montagem de Rolamentos	25
Instruções de Lubrificação	39
Ferramentas de Montagem e Desmontagem	43
Designações de Rolamentos	45

INTRODUÇÃO

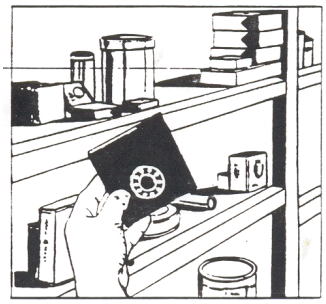
Os rolamentos são componentes mecânicos robustos que terão uma longa vida em serviço, especialmente se forem montados corretamente e tiverem uma boa manutenção. A execução de uma montagem e desmontagem correta não deve apresentar nenhuma dificuldade: limpeza, precisão e cuidado são necessários, porém são requisitos normais ao lidar com máquinas. A manutenção dos mancais de rolamento significa simplesmente que estes deverão ser lubrificados corretamente e muito bem protegidos contra umidade e sujeira. A eficiência desta proteção dependerá do desenho da aplicação, das condições dos vedadores e também do lubrificante. A lubrificação ideal implica no uso do lubrificante certo, usado corretamente.

As máquinas são projetadas geralmente com base em fatores conhecidos e algumas vezes em fatores assumidos, referentes às condições ambientais e requisitos de operação. As instruções de manutenção também devem ser baseadas em condições de operação típicas similares. Entretanto, o usuário possui informações adicionais das condições práticas de operação e de local de trabalho. Aplicando estes conhecimentos juntamente com as recomendações práticas dadas neste guia, no que se refere a estoque de reposição, observações durante a operação, inspeções com a máquina parada, desmontagem e montagem: poderemos assegurar que a manutenção dos rolamentos aplicados não apresentarão problemas.

ESTOCAGEM DE ROLAMENTOS DE REPOSIÇÃO



Para evitar paradas longas na produção, devidas a falhas de rolamentos, é necessário assegurar que alguns destes, estejam prontamente disponíveis para reposição. Para isto é aconselhável saber, com antecedência, quais rolamentos são usados nas máquinas e se são necessárias ferramentas especiais para desmontagem e montagem dos mesmos.



Os rolamentos são banhados em um protetor contra ferrugem, antes de serem embalados, e podem ser armazenados em suas embalagens originais por muitos anos. De preferência devem ser armazenados em locais onde a umidade relativa não ultrapasse a 60% e a temperatura ambiente seja constante. Rolamentos com placas de proteção sufixo -2Z, não deverão ser armazenados por mais de 2 anos, e os rolamentos com placas de vedação sufixo -2RS, por não mais de 3 anos. Estes rolamentos são “lubrificados para a vida”, mas a graxa envelhece e se torna muito consistente se forem estocados por muito tempo.

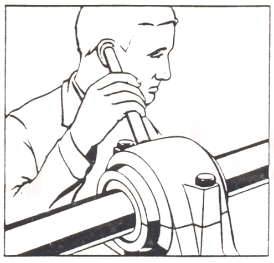
Assegure-se de que os rolamentos que não estão em sua embalagem original estejam limpos, bem protegidos, com óleo ou graxa e envolvidos em papel parafinado de boa qualidade.

O QUE VERIFICAR DURANTE A OPERAÇÃO

Rolamentos montados em máquinas onde sua paralisação ocasionará sérias conseqüências deverão ser verificados regularmente. Rolamentos em aplicações menos críticas, ou operando sob condições não muito solicitadas, podem normalmente ficar sem atenção especial, (observando apenas) se estão bem lubrificados. Esta seção trata de rotinas de verificação e está dividida em quatro subseções com os seguintes títulos:

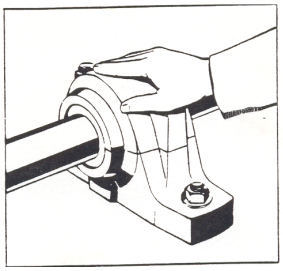
- Ouça
- Sinta
- Observe
- Lubrifique

- **Ouça**



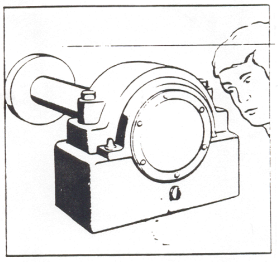
Coloque um bastão de madeira ou uma chave de fenda ou objetos similares contra o alojamento o mais perto possível do rolamento. Ponha o ouvido na outra extremidade e ouça. Se tudo está bem, deverá ser ouvido um ruído suave. O som de um rolamento danificado é bem diferente, podendo apresentar características irregulares. Um ruído uniforme, porém metálico, indica falta de lubrificação.

- **Sinta**



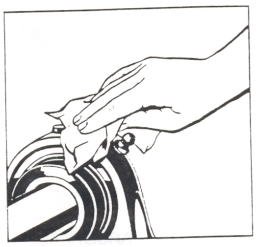
Verifique a temperatura da aplicação usando um termômetro, giz sensitivo ao calor ou simplesmente colocando a mão no alojamento do rolamento. Se a temperatura parece mais alta que a normal, ou com variações bruscas, isto é então uma indicação de que algo está errado. Isto pode ser também por pouca lubrificação ou por excesso, por sujeira que tenha penetrado no rolamento, pelo rolamento estar sobrecarregado, porque o rolamento está começando a se danificar, por folga interna muito pequena, porque o rolamento está “preso” axialmente, porque os retentores estão com muita pressão ou porque o calor provém de uma fonte externa. Lembre-se entretanto, que, imediatamente após a relubrificação, um aumento de temperatura será natural e pode durar um ou dois dias.

- **Observe**



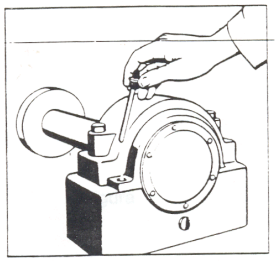
Assegure-se de que o lubrificante não escape através de vedadores defeituosos ou bujões insuficientemente apertados. Geralmente as impurezas mudam a cor do lubrificante, enegrecendo-o. Verifique as condições dos vedadores próximos aos rolamentos, assegurando-se de que os mesmos não permitam por exemplo que líquidos quentes ou corrosivos e gases penetrem no conjunto. Quando existe um sistema de lubrificação automático este deverá ser verificado periodicamente quanto ao seu funcionamento.

- **Lubrifique**



Lubrificação com graxa

A relubrificação deve obedecer às instruções do fabricante da máquina, ou às recomendações dadas no item “Instrução de Lubrificação”. Limpe a engraxadeira antes de injetar graxa nova. Quando a caixa do rolamento não possuir engraxadeira, a relubrificação deverá ser efetuada na parada programada da máquina. As tampas deverão ser removidas para retirar toda a graxa usada antes de colocar a graxa nova: ver “Aplicação de lubrificante”. Mesmo que as caixas possuam engraxadeiras, a graxa usada deve ser removida e substituída por nova, de tempos em tempos, após abrir as mesmas e lavar todos os componentes.

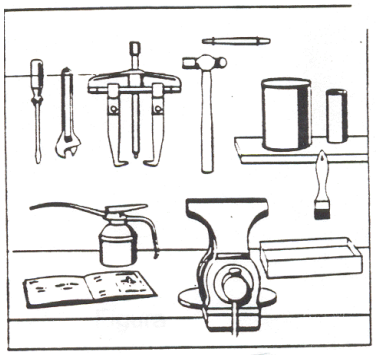


Lubrificação com óleo

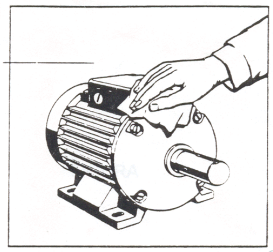
Verifique sempre o nível de óleo e complete-o, se necessário. Certifique-se de que o respiro do indicador de nível esteja desobstruído. Quando se efetua a troca de óleo, o mesmo deverá ser drenado completamente, e o conjunto lavado com óleo limpo, de preferência o mesmo que será utilizado para a reposição. Na lubrificação em banho de óleo, geralmente é suficiente efetuar a troca uma vez ao ano, desde que a temperatura de trabalho não ultrapasse 50^0C, e não haja contaminação. Quando a temperatura for maior que 50^0C o óleo deverá ser trocado com maior freqüência ou seja: acima de 100^0C, 4 vezes ao ano: acima de 120^0C, 1 vez por mês, e acima de 130^0C, 1 vez por semana.

INSPEÇÃO COM A MÁQUINA PARADA

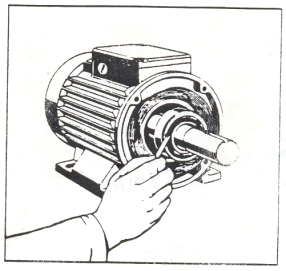
Da mesma forma que outros componentes de máquinas, os rolamentos devem também ser inspecionados e limpos, a intervalos regulares de tempo. Esta inspeção de manutenção deverá ser feita preferencialmente durante as paradas programadas da máquina, ou quando a máquina for desmontada por alguma razão, tanto para inspeção como para reparos**.**



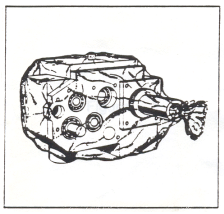
Inicie a operação de inspeção, cuidando primeiro da área de trabalho, a qual deverá ser a mais limpa e seca possível. Verifique quais os rolamentos disponíveis em estoque, caso seja necessário trocar algum. Caso os desenhos estejam disponíveis, os mesmos deverão ser estudados antes do início do trabalho de manutenção.



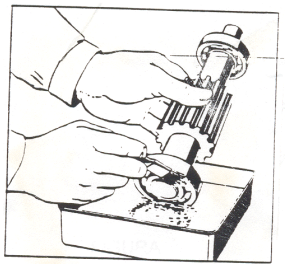
Limpe as superfícies externas e anote a seqüência de remoção dos componentes da máquina, como também suas posições relativas. Deve-se tomar cuidado para não estragar os vedadores de labirinto no momento de sua remoção: nunca use muita força para remover os vedadores. Inspecione os vedadores e os outros componentes do conjunto.



Verifique o lubrificante. Vários tipos de impurezas podem ser sentidos esfregando o lubrificante entre os dedos: uma fina camada poderá ser espalhada nas costas da mão para inspeção visual.



Assegure-se de que a sujeira e a umidade não possam penetrar na máquina, após a remoção das tampas e vedadores. Proteja a máquina, rolamentos e assentos com papel parafinado, plástico ou material similar, caso o trabalho seja interrompido. Evite o uso de estopa, que poderá contaminar o rolamento com fiapos.



Lave o rolamento exposto, onde é possível fazer uma inspeção sem desmontá-lo. Use um pincel molhado em aguarrás ou querosene e seque-o com um pano limpo e isento de fiapos ou ar comprimido (assegure que nenhum componente do rolamento entre em rotação). Nunca lave rolamentos blindados (com duas placas de proteção ou de vedação).

Um pequeno espelho com haste semelhante ao dos dentistas pode ser útil na inspeção das pistas, gaiola e corpos rolantes do rolamento.

Se os rolamentos estão perfeitos, estes deverão ser relubrificados de acordo com as instruções dadas pelo fabricante da máquina ou pelas recomendações dadas no item “Instrução de Lubrificação”. Recoloque cuidadosamente os vedadores e as tampas.

DESMONTAGEM DE ROLAMENTOS

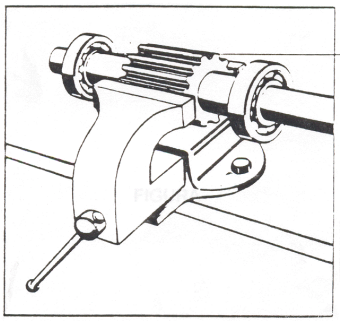
Esta seção contém sugestões e instruções sobre a melhor maneira de desmontar rolamentos. Está dividida em subseções, com os seguintes títulos:

- Ajuste com interferência no eixo
- Ajuste com interferência na caixa
- Rolamentos montados sobre buchas
- Inspeção de rolamentos desmontados

Nunca desmonte os rolamentos que estão em boas condições a não ser que seja absolutamente necessário!

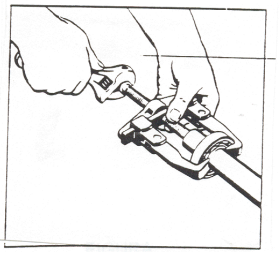
Caso o rolamento deva ser desmontado, é aconselhável marcar a posição relativa de montagem, por exemplo qual a seção do rolamento que está para cima, qual o lado que está de frente, etc. O rolamento deverá ser montado novamente na mesma posição.

Inicie a desmontagem pela seleção correta das ferramentas a serem utilizadas.

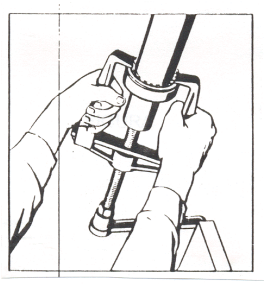


Lembre-se de manusear os rolamentos com cuidado. Garanta um bom apoio ou escora para o eixo, caso contrário os rolamentos poderão ser danificados pelas altas forças normalmente originadas na desmontagem.

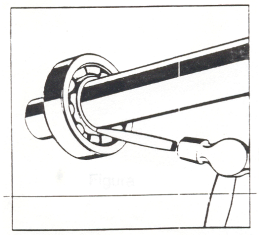
Ajuste com interferência no eixo



Se o rolamento é montado com interferência no eixo, deverá ser usado um extrator (ou saca-polia). As garras deverão apoiar diretamente na face do anel interno. Os rolamentos grandes podem ser desmontados facilmente com auxílio das ferramentas hidráulicas.

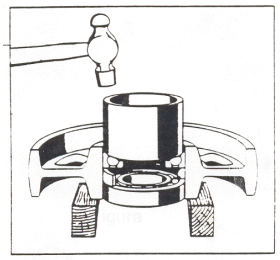


Quando não é possível alcançar a face do anel interno, o saca-polia poderá ser aplicado na face do anel externo. Entretanto, é muito importante que o anel externo seja girado durante a desmontagem, distribuindo os esforços pelas pistas e evitando que os corpos rolantes marquem as mesmas em pontos localizados. Nesse caso o parafuso deverá ser travado, ou segurado com uma chave, e as garras é que deverão ser giradas com a mão ou com uma alavanca.

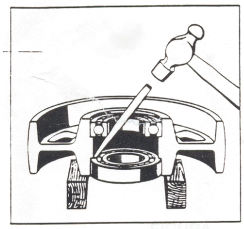


Se não se dispõe de saca-polia, poderá ser usado um punção de ferro ou metal mole com ponta arredondada, ou outra ferramenta similar. Este deverá ser aplicado na face do anel interno. É muito importante que o rolamento não receba golpes de martelo diretamente. Contudo deve-se tomar muito cuidado com este método, pois é muito fácil danificar o eixo e rolamento.

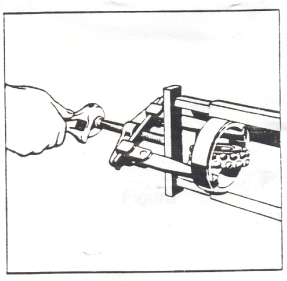
Ajuste com interferência na caixa



Quando o rolamento possui ajuste com interferência na caixa, por exemplo em uma roda, este pode ser desmontado usando-se uma “caneca” ou um pedaço de tubo, na qual se aplicam golpes uniformes ao redor de sua extremidade. As faces do tubo deverão ser planas e livres de rebarbas.

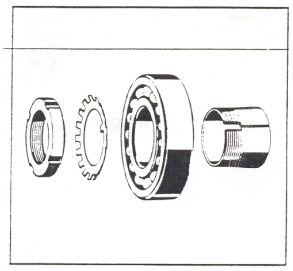


Use um punção de ferro ou metal mole com ponta arredondada ou ferramenta similar, caso haja um ressalto entre os rolamentos. Os esforços devem ser aplicados sempre no anel externo.

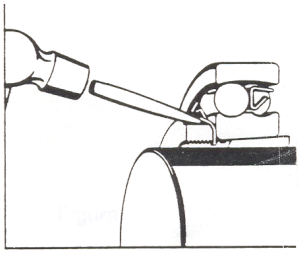


O conjunto do anel interno de um rolamento autocompensador de rolos ou de esferas pode ser desalinhado, permitindo assim o uso de um saca-polia no anel externo.

Rolamentos montados sobre buchas

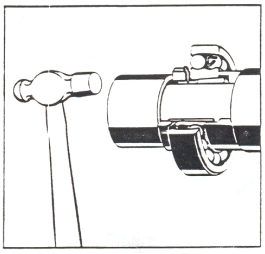


Os rolamentos autocompensadores de rolos ou esferas são geralmente montados com bucha de fixação ou de desmontagem. A vantagem do uso destas buchas é que o assento do eixo não necessita de uma usinagem precisa, além de facilitar muito a montagem e a desmontagem dos rolamentos. A figura mostra, da esquerda para a direita, a porca de fixação, a arruela de trava, o rolamento e a bucha de fixação.

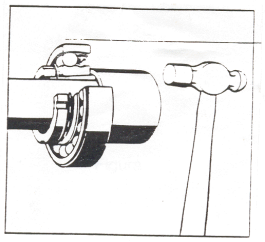


Bucha de fixação

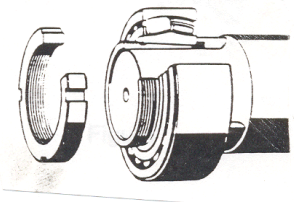
A desmontagem só deve ser iniciada após marcar a posição da bucha sobre o eixo. Em seguida endireite a orelha da arruela de trava dobrada no rasgo da porca de fixação, e solte de algumas voltas a porca.



Coloque uma “caneca” ou um pedaço de tubo contra a porca de fixação e aplique fortes golpes distribuídos uniformemente até que o rolamento se solte da bucha.

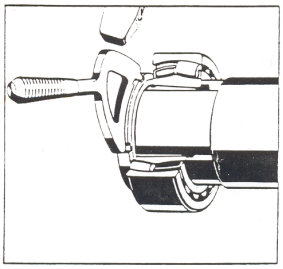


Quando a face da porca é inacessível, ou quando não existe um espaçador entre o anel interno e o encosto do eixo, a ferramenta deve ser aplicada na face do anel interno do rolamento.

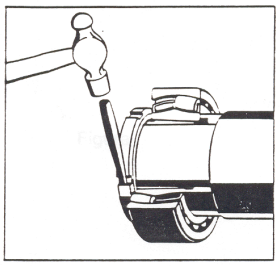


Bucha de desmontagem

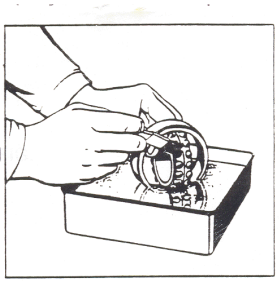
Para rolamentos de tamanho pequeno ou médio, a bucha pode ser removida usando uma porca de fixação similar à usada em buchas de fixação. Lembre-se de lubrificar os fios da rosca e a face adjacente ao rolamento com pasta de bissulfeto de molibdênio.



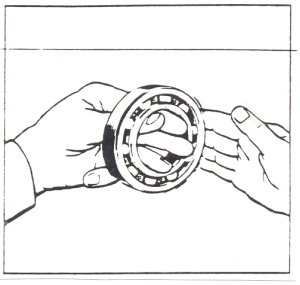
Aperte a porca usando a chave de gancho ou de batidas, até que o rolamento seja liberado. Se a bucha se sobressai no final do eixo, um suporte adequado deverá ser utilizado. Os rolamentos grandes podem facilmente ser desmontados com o auxílio da porca hidráulica.



Se a bucha é pequena, um punção de metal mole poderá ser usado no lugar de uma chave de gancho.



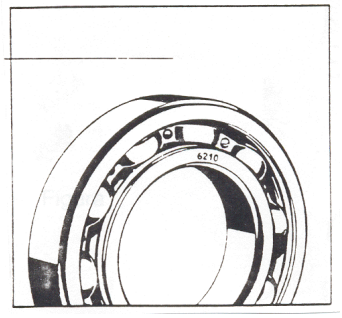
Inspeção de rolamentos desmontados



Quando o rolamento for desmontado, este deverá ser inspecionado. Primeiro, lave-o com querosene ou aguarrás e seque-o cuidadosamente com um pano limpo, isento de fiapos ou ar comprimido (assegure que nenhum componente do rolamento entre em rotação). As pistas e os corpos rolantes devem ser inspecionados para se verificar se existem sinais de danificação.

Entretanto os rolamentos blindados com duas placas de proteção ou de vedação não poderão ser lavados e, conseqüentemente, não poderão ser inspecionados.

Gire o anel externo e verifique se o ruído do rolamento é normal.

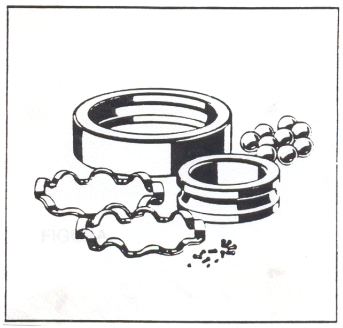


Um rolamento que não está danificado, isto é, que não possui marcas ou outros defeitos nas pistas dos anéis, corpos rolantes ou gaiolas, e gira uniformemente sem ter folga interna radial anormalmente grande, pode ser então montado novamente sem risco algum. Recomenda-se seguir as instruções de lubrificação dos rolamentos. Caso a designação deste rolamento não conste do catálogo da máquina, recomenda-se registrá-la, para futuras referências. Esta designação poderá ser encontrada usualmente em uma das faces laterais do anel externo ou interno do rolamento.

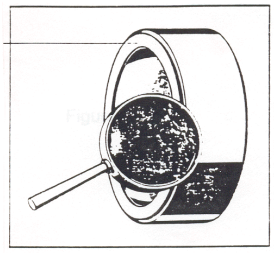
DANIFICAÇÕES DE ROLAMENTOS

Esta seção trata dos diferentes tipos de danificações em rolamentos e suas prováveis causas. Caso o rolamento apresente falhas, a razão deve ser investigada e sua provável causa eliminada. As causas típicas de danificações são:

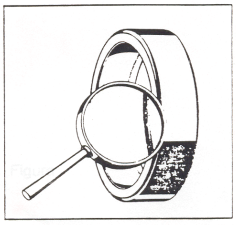
- Falha de montagem
- Falha de lubrificação
- Materiais estranhos ao rolamento
- Contaminação com água
- Erros de forma do eixo ou da caixa
- Vibrações
- Passagem de corrente elétrica
- Fadiga do material



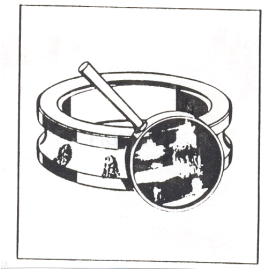
Desmonte o rolamento danificado. Caso a gaiola seja rebitada, remova alguns rebites e separe a gaiola, usando uma chave de fenda ou ferramenta similar. As dez ilustrações a seguir mostram exemplos típicos de danificações em rolamentos. Geralmente estas danificações tomam a forma de descascamento (spalling), ou seja: fragmentos de material soltos das pistas. O descascamento inicial é normalmente muito pequeno, mas devido ao aumento de tensões nas bordas e aos fragmentos carregados pelo lubrificante, a área descascada começa a se espalhar.



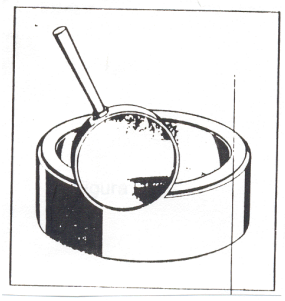
Quando o rolamento for montado incorretamente, por exemplo, deslocado exageradamente sobre uma bucha de fixação ou um assento cônico, poderá ficar sobrecarregado. A foto mostra o descascamento da pista do anel externo causado por uma sobrecarga radial.



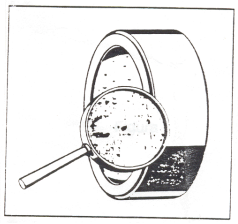
A sobrecarga axial pode ocorrer, por exemplo quando o rolamento estiver bloqueado axialmente. A danificação mostrada foi causada pelo espaço insuficiente para o rolamento se deslocar em sua caixa, fazendo com que este não pudesse acompanhar o deslocamento axial do eixo, que ocorreu devido à expansão térmica.



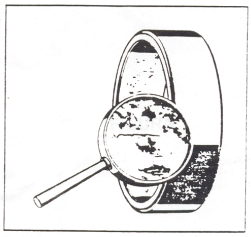
Quando um rolamento, que deve ser montado com interferência no eixo, é introduzido através de golpes no anel externo, este tipo de danificação mostrada pode ocorrer. Uma danificação semelhante pode também ocorrer quando os golpes são dirigidos contra uma ponta de eixo ou uma polia sem uma escora adequada. Desta forma podem surgir facilmente marcas (endentações) nas pistas e corpos rolantes, as quais encurtarão a duração do rolamento.



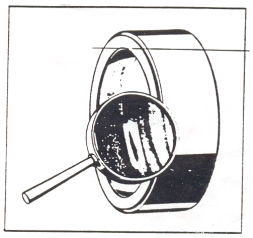
Um rolamento que foi lubrificado inadequadamente terá um alto polimento nas pistas, e poderá apresentar microtrincas superficiais do material. De qualquer modo, a gaiola deverá ser normalmente o primeiro componente a falhar e as esferas ou rolos poderão travar, resultando em um completo travamento do rolamento. O rolamento poderá esquentar muito, quando a lubrificação disponível for insuficiente, falhando devido à conseqüente redução na resistência do material.



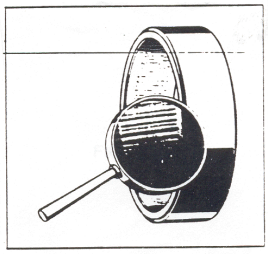
Caso materiais estranhos, em forma de partículas sólidas, entrem no rolamento, danificações do tipo mostrado poderão ocorrer facilmente. As partículas causam endentações nas pistas e corpos rolantes, e eventualmente se segue o descascamento. Materiais estranhos podem penetrar no rolamento durante a montagem, mas geralmente a causa desta penetração são vedadores inadequados.



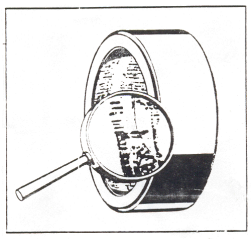
Os componentes dos rolamentos são normalmente metálicos, portanto sensíveis ao ataque de água, particularmente água salgada. A condensação que resulta das mudanças súbitas de temperatura pode ser suficiente para causar a corrosão. Lubrificantes inadequados podem também gerar corrosão.



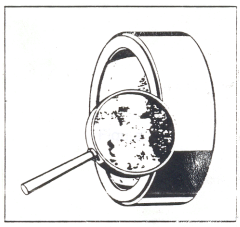
A ovalização do assento da caixa ou do eixo pode resultar em danificações, as quais freqüentemente aparecem em pontos diametralmente opostos no anel do rolamento. Outros erros de forma podem também gerar danificações. Um cavaco metálico deixado entre a caixa e o anel externo pode causar uma variação de forma suficiente para danificar a pista deste anel.



Em equipamentos sujeitos à vibração, pode ocorrer danificação nos rolamentos quando estes estão estacionários, devido a pequenos deslizamentos dos corpos rolantes em torno do mesmo ponto, que terão a mesma freqüência das vibrações. Para evitar este tipo de danificação, o eixo deverá ser apoiado e travado para não atuar sobre o rolamento, ou então ser girado lentamente. Geralmente, entretanto, reduzindo-se o período estacionário dos equipamentos já é suficiente para prevenir este tipo de danificação.



Mesmo sob uma diferença de potencial elétrico muito pequena entre o eixo e a caixa (0,4 volts), uma corrente elétrica poderá “saltar” pelo delgado filme de lubrificante existente entre as pistas e corpos rolantes, resultando assim em inúmeras crateras queimadas ou “estrias”. Esta danificação pode ser causada por exemplo, por erro na colocação do “terra” na soldagem de algum componente da máquina, fazendo que a corrente passe pelo rolamento.



A razão pela qual a fadiga ocorre é, às vezes, simplesmente porque o rolamento atingiu sua duração normal. Esta é, geralmente, bem maior que a vida nominal calculada para aquela aplicação.

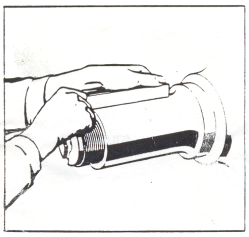
MONTAGEM DE ROLAMENTOS

Esta seção trata de métodos adequados para montagem de rolamentos. Está dividida em subseções com os seguintes títulos:

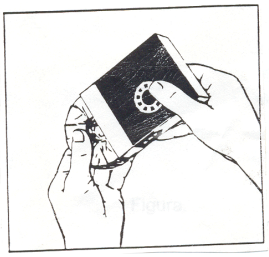
- Ajuste com interferência no eixo
- Ajuste com interferência na caixa
- Rolamentos de rolos cilíndricos
- Rolamentos de rolos cônicos
- Rolamentos sobre buchas
- Aplicação do lubrificante
- Teste de funcionamento e relatórios

É necessário usar o método correto na montagem e observar as regras de limpeza para que o rolamento funcione satisfatoriamente e alcance a vida calculada. A montagem deve ser feita preferivelmente em local seco e limpo. Máquinas que produzam partículas metálicas, limalhas de ferro ou serragem não deverão estar nas proximidades.

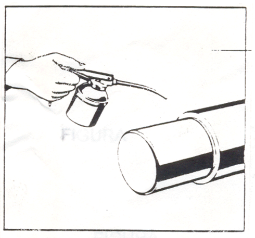
Inicie a montagem selecionando as ferramentas corretas para a tarefa.



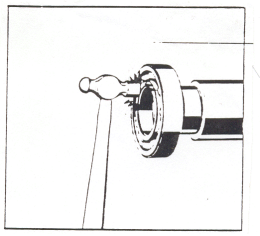
Inspecione cuidadosamente os componentes que posicionarão os rolamentos. Remova as rebarbas e limpe o eixo e os encostos. Verifique a precisão de forma e dimensões dos assentos do eixo e da caixa, pois podem ter sido danificados durante a desmontagem. Verifique os vedadores (retentores) e troque os que estão gastos ou danificados.



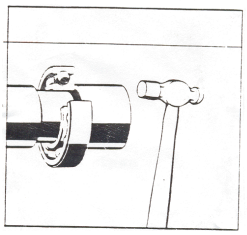
Caso o rolamento necessite ser substituído, não tire o rolamento novo de sua embalagem original antes do momento de sua montagem. Não retire o protetor anti-ferruginoso do rolamento, exceto sobre as superfícies do diâmetro externo e do furo do rolamento. Limpe essas superfícies com querosene ou aguarrás e seque-as com um pano limpo e isento de fiapos.



Antes da montagem, deve-se proteger ligeiramente os assentos do rolamento com uma camada de óleo fino. Isto é feito a fim de impedir avarias no eixo durante a montagem.



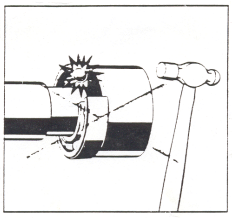
Nunca aplique golpes diretos nos rolamentos - sempre use um pedaço de tubo ou uma ferramenta similar. Caso contrário, os anéis poderão trincar, a gaiola se danificar, ou partículas de metal poderão destacar-se e causar avarias no rolamento quando colocado em operação.



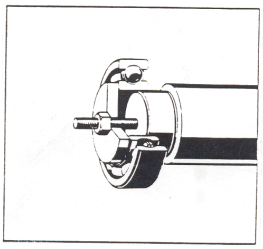
Os rolamentos pequenos podem ser montados com ajuda de uma “caneca” ou um pedaço de tubo. O tubo deve ser bem limpo e ter extremidades planas, paralelas e sem rebarbas.

Coloque a ferramenta contra o anel interno e aplique golpes, sempre distribuídos ao redor da face na extremidade do tubo, com um martelo comum

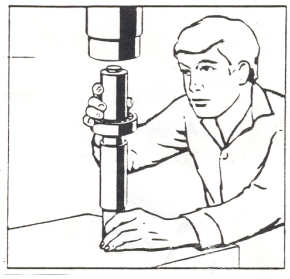
(os martelos de chumbo ou outro metal macio não são indicados, visto que alguns fragmentos poderão soltar-se e penetrar no rolamento). Verifique se o rolamento não entra enviesado no eixo.



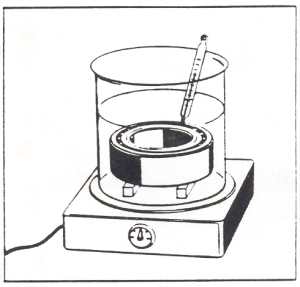
Nunca aplique uma força contra o anel externo quando o rolamento for montado no eixo. As pistas e os corpos rolantes poderão danificar-se facilmente e, em conseqüência, a vida do rolamento será consideravelmente reduzida.



Se o eixo possui roscas internas ou externas, estas poderão ser usadas na montagem do rolamento.

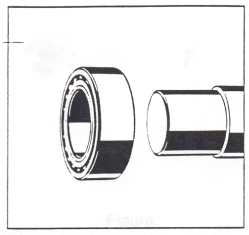


Quando se dispõe de uma prensa mecânica ou hidráulica, esta poderá ser usada na montagem de rolamentos pequenos e médios. Use uma “caneca” ou um pedaço de tubo limpo entre a prensa e o anel interno.

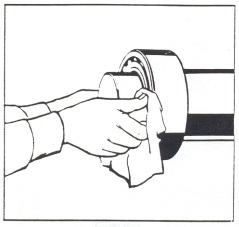


Os rolamentos grandes são montados com maior facilidade se forem primeiramente aquecidos a uma temperatura de 80 a 90^{0}C. acima da temperatura ambiente. Contudo, os rolamentos nunca deverão atingir uma temperatura acima de 120^{0}C. Um método adequado para aquecer é o banho de óleo. O óleo deve estar limpo e ter um ponto de fulgor acima de 250^{0}C. Limpe um recipiente adequado e despeje uma quantidade de óleo suficiente para cobrir completamente o rolamento. O rolamento não deve estar em contato direto com a base do recipiente, devendo ser colocado numa plataforma ou calço adequando para evitar um aquecimento direto. Aqueça o banho numa chapa elétrica, bico de gás ou com um equipamento similar.

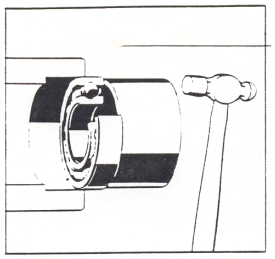
Um rolamento nunca deverá ser aquecido usando uma chama direta!



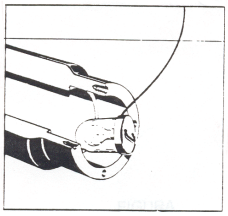
Use luvas de proteção limpas ou panos limpos para segurar o rolamento aquecido. Escorra o excesso de óleo do anel externo e enxugue o furo do rolamento. Empurre o rolamento rapidamente para sua posição.



Pressione o rolamento com força contra o ressalto até que ele tenha esfriado o suficiente para que o anel interno fique bem encostado.



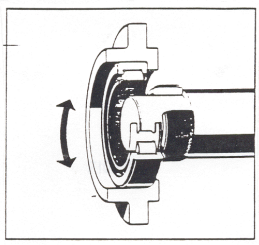
Proteja o assento com uma leve camada de óleo. Use uma “caneca” ou um pedaço de tubo limpo, mas coloque-o contra a face do anel externo. Certifique-se de que o rolamento não entra enviesado na caixa. Uma prensa mecânica ou hidráulica poderá ser usada também, para facilitar. As mesmas regras para montagem de rolamentos com ajuste com interferência no eixo são válidas quando se deve ter um ajuste com interferência na caixa.



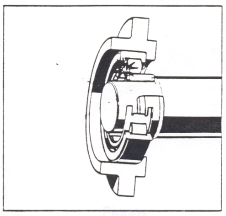
Poderá, às vezes, ser necessário aquecer a caixa para montar o rolamento. Normalmente uma pequena elevação de temperatura será suficiente, pois raramente se emprega uma grande interferência na caixa. Uma lâmpada elétrica, uma ferramenta de aquecimento, óleo quente ou uma chama direta, podem ser usados para aquecer a caixa. Se for usada uma chama direta, deve ser tomado um grande cuidado, caso contrário a caixa poderá trincar-se ou deformar-se.

Verifique as dimensões do assento após aquecê-lo e não se esqueça de limpar o mesmo antes de montar o rolamento. Pressione fortemente o rolamento contra a face do encosto, até que a caixa se resfrie suficientemente para que o rolamento tenha ajuste interferente.

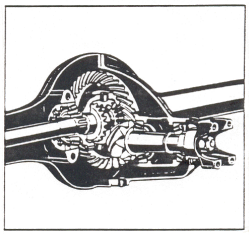
Rolamentos de rolos cilíndricos



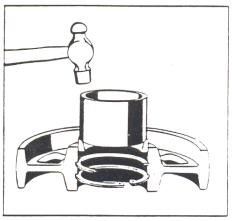
As partes separáveis dos rolamentos de rolos cilíndricos são geralmente montadas independentemente. Monte primeiramente o anel separável e lubrifique ligeiramente sua pista. Depois de lubrificar os rolos, monte o outro anel que possui o conjunto de rolos e gaiola. Introduza então este anel no anel separável, girando o eixo ou a caixa durante esta operação. Certifique-se de que o conjunto de rolos não se desalinhe na montagem: uma bucha de guia pode ser usada para evitar que isto aconteça.



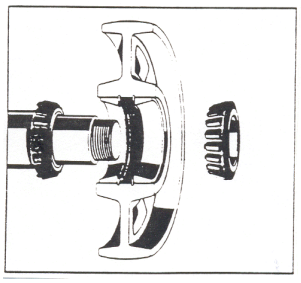
Se o conjunto de rolos entrar enviesado, sem ter sido lubrificado ou girado durante sua entrada, um anel ou alguns rolos poderão facilmente ser danificados.



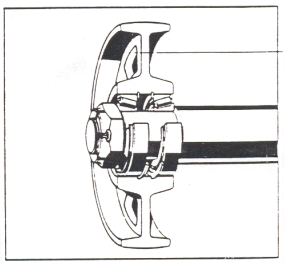
A montagem dos rolamentos de rolos cônicos é um pouco mais complicada. Geralmente estes são ajustados para um certo valor de folga interna ou para uma dada precarga, usando molas ou calços (peças distanciadoras calibradas).



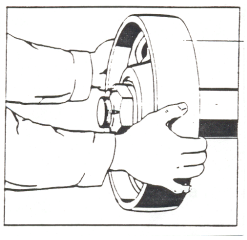
Os conjuntos de rolamentos de cubos de rodas usuais podem, porém, ser montados com relativa facilidade. Começa-se montando os anéis externos no cubo, usando uma “caneca” ou um pedaço de tubo limpo. Verifique se os anéis realmente atingem o encosto.



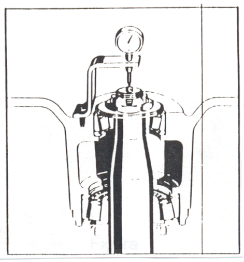
O cone (anel interno com rolos e gaiola) do rolamento de dentro deve então ser montado. Preencha os espaços existentes entre os rolos com uma graxa adequada. Coloque a roda em sua posição e finalmente monte o cone do rolamento de fora.



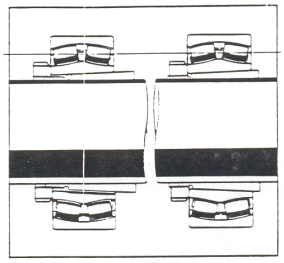
Rosqueie a porca e aperte-a, girando a roda ao mesmo tempo. Quando a roda não puder mais girar com facilidade, solte a porca apenas o suficiente para permitir que a roda gire livre novamente. Trave a porca e coloque a tampa do cubo imediatamente.



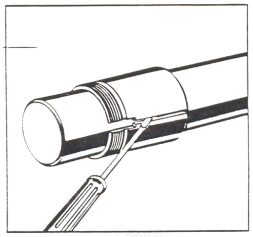
Verifique, se possível, a folga do conjunto de rolamentos, por exemplo: balançando a roda, a caixa ou o eixo. Se os rolamentos forem montados muito apertados, poderá ocorrer rapidamente uma danificação.



Se uma alta precisão for desejada, poderá ser usado um instrumento para medir a folga interna axial dos rolamentos. É importante que durante a ajustagem e antes da medição, o eixo ou a caixa sejam girados de algumas voltas, de forma que as extremidades dos rolos ocupem suas posições corretas contra o flange de guia.

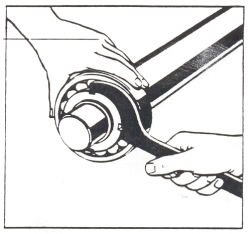


O anel interno dos rolamentos com furo cônico é sempre montado com um ajuste interferente, geralmente em uma bucha de fixação ou de desmontagem. O grau de interferência depende da distância que o rolamento é deslocado sobre a superfície cônica. A folga interna radial original do rolamento é gradualmente reduzida, à medida que o rolamento é deslocado. Esta redução de folga é, portanto, uma medida do grau de interferência.

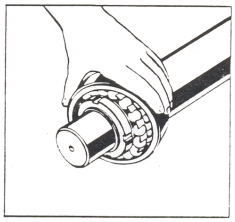


Bucha de fixação

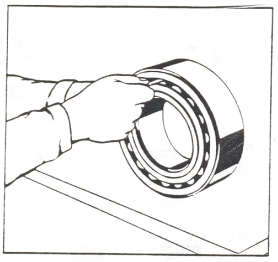
Coloque a bucha no eixo, no local marcado antes da desmontagem; isto pode ser feito com facilidade, se o rasgo da bucha for aberto levemente, usando uma chave de fenda, por exemplo. Se, por algum motivo, a posição da bucha no eixo não foi marcada, então a posição correta do rolamento deve ser estabelecida, para então colocar a bucha em relação a este. Em certos casos, uma montagem simulada dos rolamentos pode ser necessária, para certificar-se de que a bucha está posicionada corretamente.



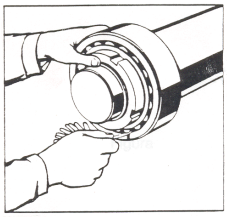
Remova o protetor anti-ferruginoso do furo do rolamento antes da montagem. Coloque o rolamento na bucha e rosqueie a porca de fixação. Desloque o rolamento na bucha apertando a porca.



Ao montar um rolamento autocompensador de esferas sobre a bucha de fixação, a redução da folga interna radial deve ser verificada, girando o rolamento e desalinhando o anel externo. Quando a porca tiver atingido o aperto correto, será possível girar o anel externo com facilidade, mas começará a haver certa resistência ao tentar desalinhar o mesmo.



Antes de montar os rolamentos autocompensadores de rolos em buchas de fixação, a folga interna radial deve ser medida com um calibrador de lâminas. Coloque o rolamento de pé na bancada, gire o anel interno algumas vezes para que os rolos assumam suas posições corretas, e então introduza a lâmina do calibrador entre o rolo superior e a pista do anel externo. Use uma lâmina fina para começar e aumente gradualmente a espessura, até que a lâmina entre bem justa. A folga medida deverá ser a mesma para ambas as carreiras de rolos.



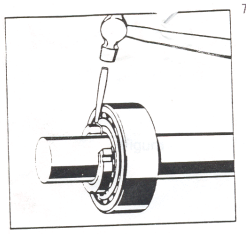
Verifique a redução de folga várias vezes durante a montagem. Meça a folga entre o rolo da posição mais inferior e a pista do anel externo. A tabela a seguir contém valores recomendáveis para a redução de folga interna radial e o deslocamento axial para os rolamentos autocompensadores de rolos.

Cargas pesadas, altas rotações e grandes diferenças de temperaturas entre os anéis interno e externo (anel interno mais quente que o externo) indicam que uma grande folga interna residual é necessária. Em tais casos, um rolamento tendo uma folga interna radial maior que a normal, por exemplo C3 ou C4, é geralmente usado, sendo montado com a máxima redução de folga indicada na tabela. Se o anel externo aquecer mais que o anel interno, um rolamento com uma folga interna inicial menor que a normal será geralmente usado.

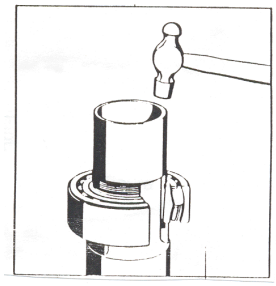
Montar tabela

Diâmetro do furo do rolamento d		Redução na folga interna radial		Deslocamento axial [1]				Folga residual mínima permissível após a montagem de rolamentos com folga inicial		
acima de	até incl			Conicidade 1:12 no diâmetro		Conicidade 1:30 no diâmetro				
		mín	máx	mín	máx	mín	máx	Normal	C3	C4
mm		mm		mm				mm		
30	40	0.020	0.025	0.35	0.4	—	—	0.015	0.025	0.040
40	50	0.025	0.030	0.4	0.45	—	—	0.020	0.030	0.050
50	65	0.030	0.040	0.45	0.6	—	—	0.025	0.035	0.055
65	80	0.040	0.050	0.6	0.75	—	—	0.025	0.040	0.070
80	100	0.045	0.060	0.7	0.9	1.75	2.25	0.035	0.050	0.080
100	120	0.050	0.070	0.75	1.1	1.9	2.75	0.050	0.065	0.100
120	140	0.065	0.090	1.1	1.4	2.75	3.5	0.055	0.080	0.110
140	160	0.075	0.100	1.2	1.6	3.0	4.0	0.055	0.090	0.130
160	180	0.080	0.110	1.3	1.7	3.25	4.25	0.060	0.100	0.150
180	200	0.090	0.130	1.4	2.0	3.5	5.0	0.070	0.100	0.160
200	225	0.100	0.140	1.6	2.2	4.0	5.5	0.080	0.120	0.180
225	250	0.110	0.150	1.7	2.4	4.25	6.0	0.090	0.130	0.200
250	280	0.120	0.170	1.9	2.7	4.75	6.75	0.100	0.140	0.220
280	315	0.130	0.190	2.0	3.0	5.0	7.5	0.110	0.150	0.240
315	355	0.150	0.210	2.4	3.3	6.0	8.25	0.120	0.170	0.260
355	400	0.170	0.230	2.6	3.6	6.5	9.0	0.130	0.190	0.290
400	450	0.200	0.260	3.1	4.0	7.75	10	0.130	0.200	0.310
450	500	0.210	0.280	3.3	4.4	8.25	11	0.160	0.230	0.350
500	560	0.240	0.320	3.7	5.0	9.25	12.5	0.170	0.250	0.360
560	630	0.260	0.350	4.0	5.4	10	13.5	0.200	0.290	0.410
630	710	0.300	0.400	4.6	6.2	11.5	15.5	0.210	0.310	0.450
710	800	0.340	0.450	5.3	7.0	13.3	17.5	0.230	0.350	0.510
800	900	0.370	0.500	5.7	7.8	14.3	19.5	0.270	0.390	0.570
900	1 000	0.410	0.550	6.3	8.5	15.8	21	0.300	0.430	0.640
1 000	1 120	0.450	0.600	6.8	9.0	17	23	0.320	0.480	0.700
1 120	1 250	0.490	0.650	7.4	9.8	18.5	25	0.340	0.540	0.770

[1] Válido somente para eixos maciços de aço

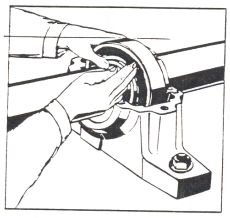


Retire a porca de fixação após ter deslocado o rolamento e coloque a arruela de trava. Aperte novamente a porca. Dobre a orelha da arruela de trava de tal forma que encaixe em um dos rasgos da porca. Meça novamente a folga residual e veja se não foi alterada.



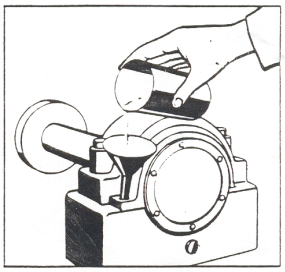
Bucha de desmontagem

Coloque a bucha de desmontagem no furo do rolamento usando uma “caneca” ou um pedaço de tubo limpo. Verifique o deslocamento da bucha de desmontagem, medindo a redução da folga interna radial do rolamento.



Lubrificação com graxa

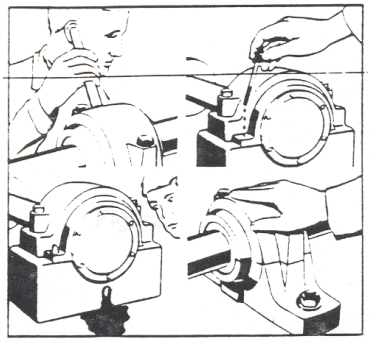
Preencha o espaço entre as esferas ou rolos com uma graxa adequada para as condições de operação. O espaço livre ao redor do rolamento deverá ser preenchido entre um terço e a metade com a mesma graxa. Caso o rolamento operar em altas rotações, a quantidade de graxa no espaço livre deve ser um pouco menor que um terço desse espaço. E quando o rolamento operar em rotações muito baixas, o espaço livre poderá ser inteiramente completado com graxa.



Lubrificação com óleo

Use óleo do tipo recomendado pelo fabricante da máquina e complete até o nível especificado. Se houver também um nível de óleo em operação, verifique se este está correto.

Testes de giro e relatórios



São feitos no primeiro período de trabalho após a partida da máquina, a fim de que algum erro possa ser eliminado. Observe o comportamento do rolamento imediatamente após o começo da operação. Se houver uma ligeira dúvida quanto ao bom desempenho dos rolamentos, deve-se parar a máquina e examiná-los cuidadosamente.

Os dados de montagem, como a data, a designação completa do rolamento, resultados das verificações das dimensões de eixos e caixas, folga interna radial antes e depois da montagem, o lubrificante usado, etc. devem ser anotados em forma de relatório. Um cronograma de manutenção deve ser anexado ao relatório, dando detalhes de relubrificações, rotinas de inspeção, temperatura de trabalho, etc. Se isto for feito, um bom registro do rolamento será obtido, e qualquer reposição futura poderá ser planejada com boa antecedência.

INSTRUÇÕES DE LUBRIFICAÇÃO

Um rolamento corretamente lubrificado não se desgasta. Uma vez que o lubrificante evita o contato metálico entre os seus vários componentes. Quando o fabricante de uma máquina indicar o tipo de lubrificante e o período de relubrificação, estas instruções deverão ser sempre seguidas. Se, contudo, essas instruções não forem disponíveis, as seguintes recomendações podem ser úteis.

Todos os rolamentos, de um modo geral, podem ser lubrificados com graxa ou óleo. Os rolamentos axiais autocompensadores de rolos precisam ser lubrificados normalmente com óleo, sendo permitida a lubrificação com graxa somente quando as rotações de trabalho forem muito baixas. Os rolamentos blindados são “lubrificados para vida”, isto é, são lubrificados com graxa antes de deixar a fábrica e não requerem relubrificação.

A escolha do lubrificante é determinada principalmente pela temperatura e rotação de trabalho do rolamento. Sob condições normais de operação, pode-se empregar normalmente graxa. Esta é mais fácil de ser retida no rolamento do que o óleo, e também serve para proteger o rolamento contra a umidade e impurezas. A lubrificação com óleo é geralmente recomendada onde as rotações ou temperaturas são altas, quando se deve dissipar calor do rolamento, ou quando os componentes vizinhos da máquina já são lubrificados com óleo. Os limites de rotação para lubrificação com graxa ou óleo para cada rolamento são dados nas tabelas de rolamentos.

Guarde sempre os lubrificantes em recipientes limpos e vedados e em lugar seco.

Lubrificação com graxa

Tipos de graxa

As graxas lubrificantes são óleos que contêm engrossantes geralmente na forma de sabão metálico. Quando se seleciona uma graxa adequada, é necessário considerar a consistência, a faixa de temperatura e as propriedades anti-corrosivas. A consistência é classificada de acordo com a escala NLGI (National Lubricasting Grease Institute). De uma forma geral, graxas à base de sabão metálico de consistência 1, 2 ou 3 são usadas para rolamentos.

O limite de temperatura máximo para as graxas à base de cálcio é aproximadamente 60^0C. As graxas à base de cálcio contendo aditivos de sabão de chumbo são particularmente indicadas para “rolamentos molhados”, como por exemplo, em máquinas de papel na parte úmida. Certas graxas à base de cálcio/chumbo, oferecem proteção contra água salgada.

As graxas à base de sódio são aplicadas em intervalos de temperatura de -30 a $+80^0$C e oferecem proteção contra corrosão porque absorvem a umidade e formam uma emulsão com esta. Contudo, se a quantidade de umidade absorvida torna-se excessiva, as propriedades lubrificantes diminuirão e haverá um risco da graxa escorrer para fora do rolamento.

As graxas à base de lítio podem ser usadas geralmente a temperaturas de -30 a -110^0C e resistem à água. Se a umidade puder entrar no rolamento, as graxas deverão conter um aditivo antiferruginoso. As graxas à base de lítio aditivadas com sabão de chumbo oferecem boa lubrificação, mesmo onde a água pode penetrar livremente.

Inúmeros tipos diferentes de graxa para altas temperaturas são disponíveis para temperaturas que excedem a 120^0C.

Intervalos de relubrificação

Se nenhuma instrução existe, o diagrama a seguir pode ser usado como guia. Este está baseado em lubrificação usando uma graxa com características normais de envelhecimento, e dá o intervalo de relubrificação expresso em horas de trabalho. O diagrama é válido para máquinas estacionárias, cargas normais nos rolamentos e temperaturas de trabalho de até $+70^0$C, medidas no anel externo. Para cada aumento de temperatura de 15^0C acima de $+70^0$C, o intervalo de relubrificação obtido do diagrama deve ser dividido por dois, porém o limite máximo de temperatura para a graxa não deverá ser excedido. Nos arranjos de rolamentos onde a graxa certamente pode se contaminar com rapidez, ou protege contra água, a relubrificação deve ser em intervalos mais freqüentes daqueles do diagrama.

Quantidade de graxa requerida

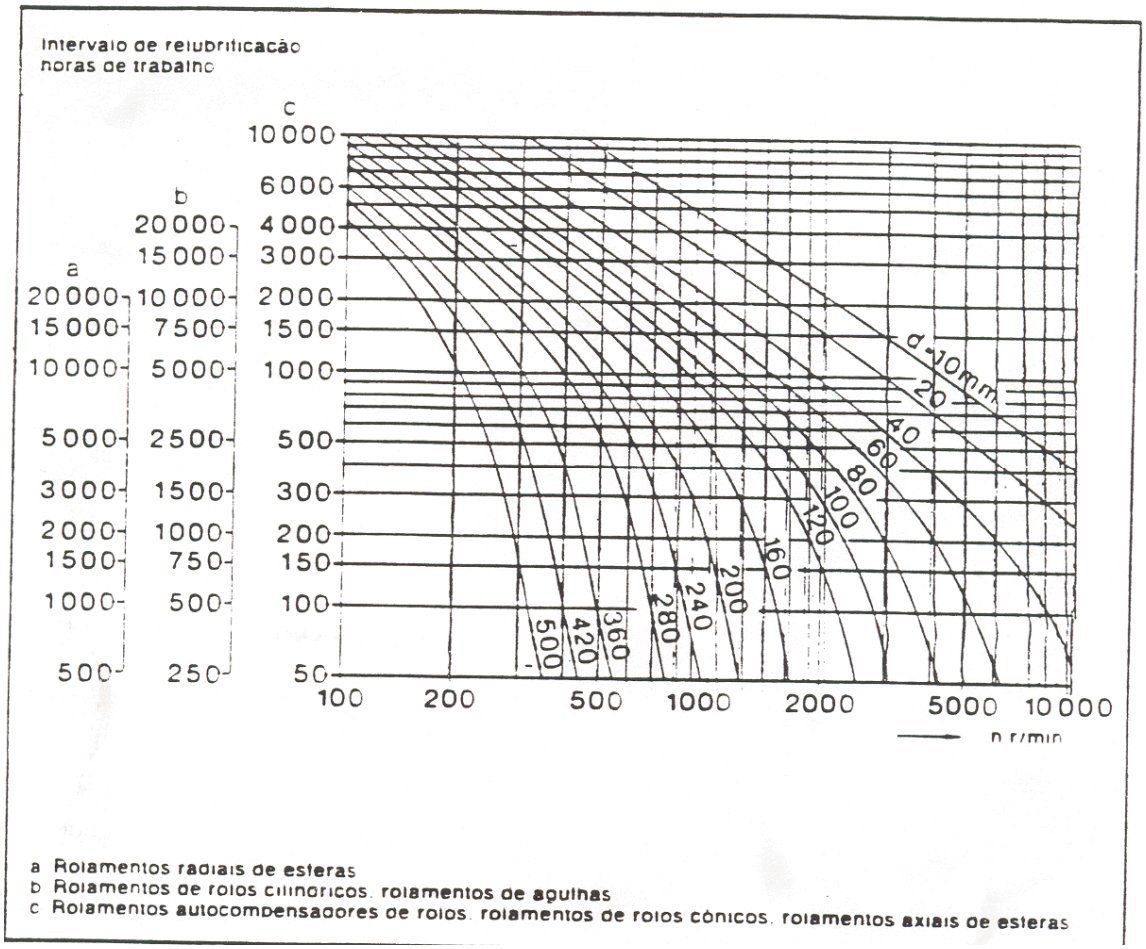
Quando nenhuma recomendação é dada, a quantidade de graxa a ser usada pode ser calculada pela equação:

$$G = 0{,}005\ D\ B$$

onde
G = quantidade de graxa em gramas
D = diâmetro externo do rolamento em mm
B = largura de rolamento em mm

Lubrificação com óleo

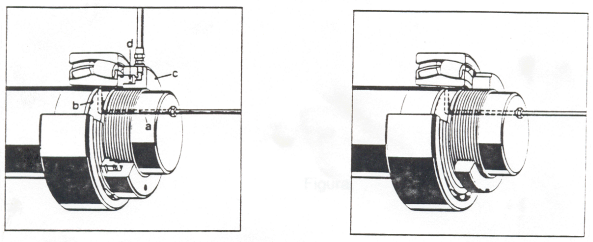
Os óleos minerais, refinados com solvente, podem ser usados na lubrificação dos rolamentos. A temperaturas acima de 125^0C, é recomendado o uso de óleos sintéticos, por exemplo, do tipo poliglicol. Os aditivos para melhorar certas propriedades geralmente são necessários somente em condições excepcionais. São usados normalmente óleos com índice de viscosidade médio ou alto. Contudo, em altas rotações, óleos de baixa viscosidade podem ser usados para manter a temperatura do rolamento baixa; em baixas rotações, óleos com alta viscosidade devem ser usados para permitir que seja formado um filme suficientemente espesso de lubrificante.



a Rolamentos radiais de esferas
b Rolamentos de rolos cilíndricos, rolamentos de agulhas
c Rolamentos autocompensadores de rolos, rolamentos de rolos cônicos, rolamentos axiais de esferas

FERRAMENTAS DE MONTAGEM E DESMONTAGEM

Ferramentas Hidráulicas



Quando montamos ou desmontamos os rolamentos maiores, o uso da porca hidráulica ou do método de injeção de óleo é de grande utilidade.

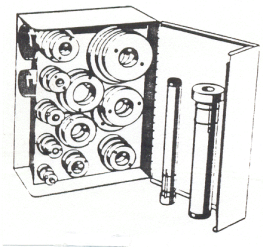
A figura da esquerda mostra como o método de injeção de óleo pode ser usado, em combinação como uma porca hidráulica, para montar um rolamento autocompensador de rolos num assento cônico.

O método de injeção de óleo consiste em introduzir óleo sob alta pressão entre o assento e o furo do rolamento, formando um filme que separa as superfícies. O óleo é injetado nas superfícies de contato por meio de um canal (a) no eixo, e distribuído através de ranhuras (b). Os eixos que não tiverem canais e ranhuras poderão facilmente ser modificados, por exemplo, no período de manutenção.

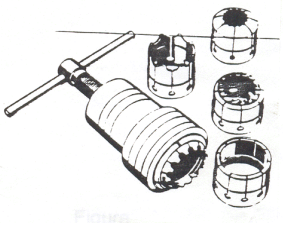
A porca hidráulica é rosqueada no eixo ou na bucha: o óleo é injetado na porca (c) de forma que seu pistão (d) pressione o anel interno do rolamento contra uma porca ou placa parafusada no topo do eixo. O óleo é pressionado por meio de uma bomba ou de um injetor de óleo.

A figura da direita ilustra a desmontagem do mesmo rolamento. A porca foi solta de algumas voltas. Quando o óleo é injetado entre o rolamento e seu assento, o rolamento desliza para fora e é detido pela porca.

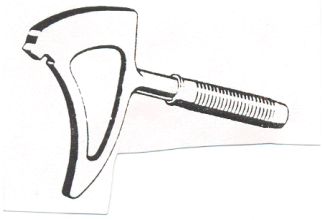
Ferramentas mecânicas



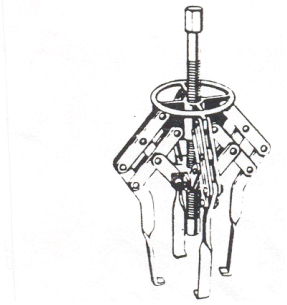
Ferramenta de montagem



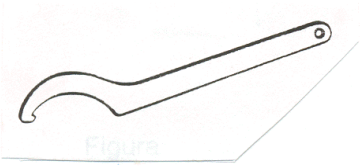
Extrator de rolamentos de esferas



Chave de batida



Extrator auto-centrante (saca-polia)



Chave de Gancho

DESIGNAÇÕES DE ROLAMENTOS

Cada rolamento métrico padronizado tem uma designação básica específica que indica o tipo de rolamento e a correlação entre suas dimensões principais. Estas designações básicas compreendem 3, 4 ou 5 algarismos, ou uma combinação de letras e algarismos, que indicam o tipo de rolamento. As séries de dimensões e o diâmetro do furo, nesta ordem. Os símbolos para o tipo de rolamento e as séries de dimensões, junto com possíveis sufixos indicando uma alteração na construção interna, designam uma série de rolamentos.

O esquema a seguir mostra como o sistema de designação é constituído. Acima dos desenhos dos rolamentos, são dadas as séries mais comuns para cada tipo de rolamento, e o símbolo que indica o tipo de rolamento é dado abaixo de cada desenho. Os algarismos entre parêntesis, mostrados na ilustração, indicam que embora eles possam ser incluídos na designação básica, são omitidos por razões práticas, como pode ser visto nas notas abaixo:

0 Rolamentos de duas carreiras de esferas de contato angular
O símbolo para o tipo (0) é omitido.

1. **Rolamentos autocompensadores de esferas**
   O símbolo para o tipo (1) ou o primeiro algarismo da série de dimensões (0 ou 1) pode ser omitido. Os rolamentos com d < 10 mm possuem somente três algarismos para sua designação, onde o último e o diâmetro do furo expresso em mm.

2. **Rolamentos autocompensadores de rolos e rolamentos axiais autocompensadores de rolos.**

3. **Rolamentos de rolos cônicos**

4. **Rolamentos rígidos de duas carreiras de esferas**
   O primeiro algarismo (2) da série de dimensões é omitido.

5. **Rolamentos axiais de esferas**

6. Rolamentos rígidos de uma carreira de esferas

O símbolo para o tipo (6) ou o primeiro algarismo da série de dimensões (0 ou 1) pode ser omitido. Os rolamentos com d < 10 mm possuem três algarismos para sua designação, sendo o último da direita o diâmetro do furo em milímetros.

7. Rolamentos de uma carreira de esferas de contato angular

O primeiro algarismo da série de dimensões (0) é omitido.

N Rolamentos de rolos cilíndricos

A letra N, que indica o tipo de rolamento, pode ser seguida por uma ou mais letras indicando várias configurações dos flanges de guia. Nos algarismos da série de dimensões que se seguem, o primeiro (0) pode ser omitido.

QJ Rolamentos de esferas de quatro pontos de contato

O primeiro algarismo da série de dimensões (0) é omitido.

Designações suplementares

Para distinguir rolamentos que diferem dos padronizados ou possuem componentes modificados são usadas letras codificadas, adicionadas a designação básica. Quando são necessárias várias letras, estas são adicionadas à designação do rolamentos na ordem dada abaixo.

Designações suplementares mais comumente usadas:

Prefixos

Componentes de rolamentos

L Anel removível (interno ou externo) de um rolamento separável.
Exemplos:
LNU 207 = anel interno do rolamento de rolos cilíndricos NU 207.
L 30207 = anel externo do rolamento de rolos cônicos 30207 (capa).

R Rolamento separável sem o anel removível (interno ou externo).
Exemplos:
RNU 207 = conjunto do anel externo, gaiola e rolos o rolamento de rolos cilíndricos NU 207

R 30207 = conjunto do anel interno, gaiola e rolos do rolamento de rolos cônicos 30207 (cone).

Sufixos

Construção interna

A
B
C
D
E

Construção interna do rolamento modificada.
Exemplo: 7205 B = rolamento de uma carreira de esferas de contato angular, ângulo de contato de 40.

Características externas

X	Dimensões principais modificadas de acordo com as normas ISO
-RS	Placa de vedação de borracha sintética em ambos os lados do rolamento
-LS	
-2RS	Placas de vedação de borracha sintética em ambos os lados do rolamento
-2LS	
-Z	Placa de proteção num lado do rolamento
-2Z	Placas de proteção em ambos os lados do rolamento
K	Furo cônico, conicidade de 1:12
K30	Furo cônico, conicidade de 1:30
N	Ranhura para anel de retenção no anel externo
NR	Ranhura no anel externo e anel de retenção
-ZN	Placa de proteção num lado e ranhura para anel de retenção no lado oposto
-ZNR	Idêntico ao ZN, mas com anel de retenção
N2	Dois rasgos, diametralmente opostos num dos cantos externos do anel externo
G	Rolamento de uma carreira de vibração, ruído
Q6	Nível de vibração inferior ao normal
Q06	Picos de vibração inferiores aos normais
Q66	Q6 - Q06

Tratamento térmico

Os anéis interno e externo (ou os anéis de eixo e de caixa) dos rolamentos estabilizados, para temperaturas mais elevadas do que as normais, são designados com os seguintes sufixo:

S0 Até 150^0C
S1 Até 200^0C
S2 Até 250^0C
S3 Até 300^0C
S4 Até 350^0C

Características de lubrificação

W33 Ranhura periférica e três furos de lubrificação no anel externo

Lubrificantes

Estes sufixos compreendem letras que indicam o campo de temperaturas, seguidas de um código de dois algarismos que designam a graxa usada em rolamentos blindados, ex.: HT20. São utilizadas as seguintes letras:

MT Graxa para temperaturas médias (-30 a + 110^0C)
LT Graxa para baixa temperatura (-50 a + 80^0C)
HT Graxa para alta temperatura (-20 a + 130^0C)
-LHT Graxa para baixa e alta temperatura (-40 a - 140^0C)

Um sufixo MT é utilizado somente quando a graxa não é a padronizada para o rolamento em questão.

Esferas de contato angular, com as faces dos anéis ajustados de forma que dois rolamentos quaisquer possam ser montados em pares, seja em disposição em “O” (“back to back”), em “X” (“face to face”) ou em série (tandem).

Gaiolas

J Gaiola prensada de aço, não temperada
Y Gaiola prensada de latão
M Gaiola usinada de latão
F Gaiola usinada de aço ou de ferro fundido

L Gaiola usinada de metal leve
T Gaiola de resina fenólica retocada com fibras
TH Idêntica à execução T, porém, com janelas tipo pressão
TN Gaiola de plástico (nylon)
TN9 Gaiola de plástico reforçado

A letra que indica o tipo de gaiola, e o material da mesma, pode ser acompanhada das letras A ou B, as quais indicam que a gaiola está centrada no anel externo ou interno respectivamente.

V Rolamento de esferas ou de rolos sem gaiola

Outras características dos rolamentos

Os sufixos dos grupos seguintes são adicionados à designação do rolamento após uma barra oblíqua.

Classes de precisão

P6 Precisão conforme ISO classe 6
P5 Precisão conforme ISO classe 5 (maior que P6)
P4 Precisão conforme ISO classe 4 (maior que P5)
PA97 Precisão dimensional conforme AFBMA classe 9, precisão de giro conforme AFBMA classe 7
PA9 Precisão conforme AFBMA classe 9
SP Precisão especial, com precisão dimensional similar a P5 e precisão de giro similar a P4
UP Ultraprecisão, com precisão dimensional similar a P4 e precisão de giro maior que P4

Folga interna

C1 Folga menor que C2
C2 Folga menor que a Normal
C3 Folga maior que a Normal
C4 Folga maior que C3
C5 Folga maior que C4

Quando são combinadas as designações P6 ou P5 com uma designação de folga, a letra C é suprimida. Exemplo: P62 = P6 - C2

Diagramação
Anna Daniella C. Teixeira

Editoração
Divisão de Educação e Tecnologia – DET.